

黄精炮制历史沿革及现代研究进展

陈小磊,徐哲,钱华丽,董家红,张磊,季鹏章
(云南中医药大学南药研究院中药材栽培研究所,云南 昆明 650500)

摘要:通过查阅相关古籍和现代文献记载,对黄精的历史炮制沿革,现代黄精炮制工艺,炮制后化学成分变化和药理作用进行整理汇总,可为黄精炮制品的规范发展提供依据。通过古籍记载,黄精的炮制方法有生品晒制、黄酒煎制、生品九蒸九制、黄酒蒸制、黑豆熬制、蜜制等,酒制记载最多且分类详细,沿用至今的有酒制法、蜜制法等炮制品。现代炮制方法大都为直接切片、九蒸九制等炮制方法,方法较为统一,目前文献记载黄酒炮制后发生变化的化学成分有多糖、皂苷、黄酮等,黄精炮制品的药理作用有抗氧化、抗肿瘤、抗炎、抗菌、抗病毒等,但炮制药理研究中缺乏含量变化与药理作用的相关性研究。此后研究可基于黄精炮制工艺与成分含量变化机理的分析,进一步探索成分变化与药理作用之间的关系,阐明黄精炮制的成分变化的分子机制,为后续黄精炮制饮片的标准和药理应用奠定基础。

关键词:黄精;炮制;成分变化;药理

中图分类号:R282.71

文献标志码:A

文章编号:1673-7717(2024)11-0150-08

Historical Evolution and Modern Research Progress of Processing of Huangjing(Polygonati Rhizoma)

CHEN Xiaolei, XU Zhe, QIAN Huali, DONG Jiahong, ZHANG Lei, JI Pengzhang

(Institute of Medicinal Plant Cultivation, Academy of Southern Medicine, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, Yunnan, China)

Abstract: By consulting related ancient books and modern literature, the historical processing evolution, modern processing technology, chemical composition changes and pharmacological effects of Huangjing(Polygonati Rhizoma) were summarized, which can provide the basis for the standardized development of Huangjing(Polygonati Rhizoma) processed products. According to ancient records, the processing methods of Huangjing(Polygonati Rhizoma) include raw product sun processing, yellow wine processing, raw nine - steaming nine - steaming, yellow wine steaming, black bean boiling, honey processing, etc. The wine processing has the most records and detailed classification, and there are wine processing, honey processing and other processed products that are still in use today. Modern processing methods are mostly direct slicing, nine - steaming and nine - processing, and the methods are relatively unified. At present, it is recorded in the literature that the chemical components of yellow rice wine after processing are polysaccharides, saponins, flavonoids, etc., and the pharmacological effects of processed Huangjing(Polygonati Rhizoma) products are antioxidant, anti - tumor, anti - inflammatory, antibacterial and antiviral, etc., but there is a lack of correlation between content changes and pharmacological effects in the processing pharmacological research. After that, based on the analysis of the processing technology of Huangjing(Polygonati Rhizoma) and the change mechanism of component content, it can further explore the relationship between component change and pharmacological action, clarify the molecular mechanism of component change of Huangjing(Polygonati Rhizoma) and lay the foundation for the standard and pharmacological application of Huangjing(Polygonati Rhizoma) processed pieces.

Keywords: Huangjing(Polygonati Rhizoma); processing; composition changes; pharmacology

基金项目:国家自然科学基金项目(31760347);中央引导地方科技发展基金项目(202307AB110002);云南省科技厅-云南中医药大学中医联合专项重点项目(202001AZ070001-010)

作者简介:陈小磊(1997-),男,四川广安人,硕士在读,研究方向:中药资源开发与利用。

通讯作者:季鹏章(1975-),男(壮族),云南文山山人,研究员,硕士研究生导师,博士,研究方向:中药资源利用与开发、中草药栽培鉴定。E-mail: pengzhji@126.com。

黄精为百合科植物滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.、黄精 *Polygonatum sibiricum* Red. 或多花黄精 *Polygonatum cyrtoneura* Hua 的干燥根茎。滇黄精主产云南,四川、贵州、广西等省区也有分布。现代药理学研究表明,黄精具有抗菌、抗炎、抗疲劳、抗衰老、抗肿瘤、抗辐射、降血糖血脂、免疫促进等多种功效^[1-2]。其中发挥药理作用的主要物质为黄精多糖、黄精皂苷及黄酮类成分^[3]。从黄精炮制的相关研究文献中可以看出,黄精的炮制方法多种多样,主要包括辅料蒸制^[4]、酒制、清蒸法等。炮制工艺多种多样,对炮制前后黄精化学成分

也有不同差异的影响。本研究对黄精炮制工艺现状研究,通过化学成分差异优劣探讨黄精炮制的优选工艺及规范化加工提供理论依据。

1 黄精炮制工艺

1.1 古法炮制工艺

黄精最早被记录在《名医别录》,就有关于药性的记载,但黄精的炮制方法在《雷公炮炙论》上开始记载,“凡采得,以溪水洗净后,蒸,从巳至子,刀薄切,曝干用”。往后古籍记载的炮制方法逐渐增多且形形色色,出现酒炖、九蒸九曝、黄酒蒸、蜜蒸以及黑豆熬制等方法,详细见表 1。

表 1 炮制古籍记载

来源	炮制方法
《雷公炮炙论》 ^[5]	凡采得,以溪水洗净后,蒸,从巳至子,刀薄切,曝干用
《太平圣惠方》 ^[6]	生黄精三斤,洗净,于木皿中烂捣绞取汁,旋更入酒三升,于银锅中以慢火熬成煎
《本草从新》 ^[7]	去须。现行,取原药材,除去杂质,略润,切厚片,干燥
《食疗本草》 ^[8]	铒黄精,能老不饥。其法:可取瓮子,去底,釜上安置,令得所盛黄精,令满,密盖,蒸之,令汽溜,即曝之第一遍,蒸之亦如此,九蒸九曝
《医学入门》 ^[9]	先用滚水绰去苦汁,九蒸九晒。现行,取黄精,洗净,置笼屉内,蒸至棕黑色滋润时,取出,切厚片
《寿世保元》 ^[10]	酒蒸。现行,取净黄精用黄酒拌匀,置炖药罐内,密闭,隔水加热或用蒸汽加热,炖至黄酒被吸尽;或置适宜容器内,蒸至内外滋润,色黑,取出,晒至外皮稍干时,切厚片,干燥
《鲁府禁方》 ^[11]	黄精四两,黑豆二升,同煮熟去豆,忌铁器。现行,取黑(黄)豆置锅内熬取浓汁,加入黄精用火共煮(豆汁平过药面)至水尽,取出微晾,再置容器内蒸 5~8 h
《中药大辞典》 ^[12]	黄精:洗净泥土,略润,切片,晒干。酒黄精:取拣净的黄精,洗净,用酒拌匀,装入容器内,密闭,坐水锅中,隔水炖到酒吸尽,取出,切段,晾干
《千金翼方》 ^[13]	九月末掘取根,拣肥大者去目熟蒸,微暴干又蒸,暴干,食之如蜜,可停
《本草纲目》 ^[14]	补肝明目。用黄精二斤、蔓菁子一斤,共同九蒸九晒,研为细末
《本草蒙筌》 ^[15]	仙家称名黄精,俗呼为野生姜也。洗净九蒸九曝代粮,可过凶年
《新本草备要》 ^[16]	俗名山生姜,九蒸九晒用
《得配本草》 ^[17]	洗净砂泥,蒸晒九次用
《本草害利》 ^[18]	溪水洗净,九蒸九晒用
《丹溪心法》 ^[19]	生捣汁

1.2 现代炮制工艺

黄精的炮制由于地方差异和市场需求的不同产生了差异,以及不同需求的药理作用配伍的材料也大不相同,如黑豆、蜜蜡、黄酒等。现代工艺炮制引入正交实验、响应曲面法(re-

sponse surface methodology, RSM)等试验方法,以此优化炮制工艺参数,为产业化提供参考。目前,2020 版《中华人民共和国药典》中对黄精炮制有黄精和酒黄精两种,另外一些当地民俗流传下来的炮制工艺,以蒸煮法为例就有许多不同的次数的蒸煮,蒸煮暴晒黄精有利于有效成分的聚集固定,充分发挥药效。

1.2.1 蒸制黄精 田先娇等^[20]的研究发现不同蒸制方法对黄精多糖、总皂苷和蒽醌类物质含量有很大影响。以黄精多糖为指标成分,发现随着蒸制次数的增加,紫外分光光度计检测黄精多糖的含量呈现先下降后趋于稳定的变化。而随着蒸时长和次数增加,总皂苷含量呈现先上升后趋于稳定的变化,蒽醌类化合物呈现下降次数。有文献研究表明经炮制可以去除生黄精对口舌及咽喉的刺激性^[21],破坏黏液质消除毒副作用;而其采用的改良重蒸法加以炮制研究表明多糖含量明显下降,根茎重量减少 77% 左右,黄精质地柔软,薄片光亮透明,无刺激感,利于口服。喻雄华等^[22]对炮制工艺的改进研究表明,采用高温湿热蒸汽法以多糖含量为指标筛选出为 120 ℃、6 h、0.2 MPa 蒸汽加热的最优选择,此时测定表明多糖含量最高。金鹏程等^[23]对优化滇黄精产地加工炮制一体化工艺的研究中,采用 RSM 中心组和设计对滇黄精蒸制时间、切片厚度、干燥温度 3 个因素进行优化,黄精多糖含量为评价指标,得到优化工艺为蒸制时间 22 min、切片厚度 3.6 mm、干燥温度 61 ℃,其研究优化工艺具有较高可行性、操作性,具有很好的实际意义。

1.2.2 酒制黄精 胡中盛等^[24]在对酒黄精炮制工艺优选研究中,选择润制时间、蒸制时间、焖制时间为主要因素,以黄精多糖和浸出物为指标,通过正交实验优选炮制工艺,得最佳工艺条件为 15% 黄酒润制 10 h、蒸制 10 h、焖制 10 h。易方等^[25]使用黄精产地加工炮制一体化工艺,对酒黄精饮片质量研究结果表明,酒黄精为不规则厚片,表面呈现棕褐色,质地柔软略带酒香气,且多糖、水分、浸出物等指标都符合药典规定,说明其工艺下生产的黄精药材及饮片质量合格,可用于临床。彭修娟等^[26]以酒黄精的水溶性浸出物、醇溶性浸出物、多糖含量等为指标,采用正交实验结合满意度函数进行黄精酒制工艺参数优化,确定黄精最佳酒制工艺为焖制 5 h、蒸制 2 h、蒸制 3 次。

1.2.3 辅料制黄精 我国中药种植广泛,在中药的炮制上每个地方都有不同的标准,所用炮制方法和辅料皆不相同。有文献报道^[27]黄精可与不同的辅料共炮制,包括姜黄、黑豆汁、蜂蜜等。戴万生等^[28]在优选滇黄精炮制方法研究中,采用还原糖、小分子总糖、多糖等指标,对 3 种不同炮制方法进行比较,得出滇黄精炮制宜直接蒸制。其在另一篇研究中对滇黄精蒸制所选的辅料进行优劣评选,综合还原糖、多糖、皂苷等 6 个指标,得到滇黄精蒸制时应该优先选用蜂蜜、熟地汁和黄酒^[29]。

2 炮制前后黄精主成分的变化

目前从黄精植物中分离得到的化成品物质主要有多糖、皂苷、氨基酸、黄酮类等活性成分^[2,30-35]。焦劼等^[36]研究发现不同产地之间的不同种黄精主要化学成分含量存在差异,而在同一种内不同产地黄精化学成分含量也有所不同。炮制可能改变其化学物质的含量,或增加或减少。炮制方法的不同也可能对化学物质产生不同的影响,但主要涉及变化在多糖和皂苷等成分。

2.1 对多糖的影响

对于不同产地黄精,其主要化学成分也可能受种植土壤影响,未炮制前自身多糖含量就大相径庭。曹冠华等^[37]基于皮尔森相关系数分析法验证丛枝菌根真菌(arbuscular mycorrhizal fungi,AMF)和深色有隔内生真菌(dark septate endophyte,DSE)定殖率与 4 种主要化学功效成分的相关性,研究表明多糖含量与 AMF、DSE 定殖率呈显著正相关。基于黄精总多糖含量分析,衣小凤等^[38]选取不同产地黄精多糖含量变化范围较大,且不同炮制后表明,黑豆制黄精多糖含量最高,蒸黄精多糖含量最低。甘小凤等^[39]采用方法 RSM 及柱前衍生高效液相色谱法(1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone-high performance liquid chromatography,PMP-HPLC)特征图谱分析黄精炮制过程中多糖组分含量,实验表明随着黄精炮制次数增加,各单糖含量先增加后下降最后趋于稳定。李蒙恩等^[40]采用黄精中 5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural,5-HMF)和多糖含量为指标评分,从生品到第九次蒸制黄精炮制品质量越好,色泽更高,具有更高的亮度,黄精炮制品质量评价模型的建立,为黄精炮制质量评价探索新思路。刘明研等^[41]模拟胃肠道环境验证蒸制时间对滇黄精的影响,选择色泽、可溶性成分及糖含量为指标,实验结果表明蒸制 12 h 粗多糖含量最高达到 9.73%,蒸制至 24 h 粗多糖含量下降到 4.26%,研究建议需要粗多糖含量高滇黄精应蒸制小于 12 h,需要还原糖含量高应蒸制 24~48 h。

2.2 对皂苷的影响

刘品华等^[42]研究蒸制温度和时间对滇黄精皂苷元及 5-HMF 含量的影响,以不同蒸制温度和时间为主要考察因素,通过分光光度法检测薯蓣皂苷元的回收率,实验结果建议滇黄精的炮制应该选用 90℃以上温度蒸制且时间控制在 48 h 以内,可以有效减少皂苷损失。王帅等^[43]在对滇黄精酒制过程中 5 种成分含量变化的相关性分析实验中,利用主成分分析(principal components analysis,PCA)、偏最小二乘法-判别分析(partial least squares discriminant analysis,PLS-DA)等多种方法进行相关性分析,研究表明滇黄精酒制随着时间延长,水仙苷、薯蓣皂苷含量呈现下降趋势,而薯蓣皂苷元含量逐渐增加,分析原因可能是薯蓣皂苷在炮制过程中脱糖转化为薯蓣皂苷元。孙婷婷等^[44]采用高效液相色谱(HPLC)测定黄精不同炮制品中薯蓣皂苷元含量分析,实验发现各炮制品薯蓣皂苷元均比生黄精含量低,且生品含量最高,而酒蒸品含量最低。王倩等^[45]在对呼叫炮制过程中甾体皂苷的变化研究中,利用薄层色谱法(thin-layer chromatography,TLC)、液相色谱-质谱(liquid chromatograph mass spectrometer,LC-MS)等方法甾体皂苷含量变化进行测定,结论发现黄精炮制过程中薯蓣皂苷转化为次级皂苷和苷元,经 HPLC 图谱比较发现含量增加成分为延龄草苷和薯蓣皂苷元。

2.3 对其他物质的影响

王进等^[46]采用水蒸气蒸馏-气质联用法(steam-distillation-gaschromatography-mass spectrometry,SD-GC-MS)和吹扫捕集-热脱附气质联用法(purge-trap-thermal desorption-gaschromatography-mass spectrometry,P&T-TD-

GC-MS)分别对黄精炮制前后的挥发性成分进行分析,结果显示炮制后黄精挥发性成分含量和组成均明显降低。吴毅等^[47]在对黄精炮制前后氨基酸含量测定实验中,采用 PMP-HPLC 测定含量,结果显示 3 种黄精中总氨基酸含量差异显著,且滇黄精最低,经蒸制和炆制后滇黄精中总氨基酸都有一定的增加。有学者^[48]研究蒸制温度和时间对滇黄精皂苷元及 5-HMF 含量的影响,以不同蒸制温度和时间为主要考察因素,采用液相色谱法检测 5-HMF 含量,研究显示与自然干燥品对比,70℃以上蒸制 48 h 以上含量增加非常显著。

3 药用作用

3.1 古籍药用记载

《本草纲目》记载:黄精为服食要药。气味:(根)甘、平、无毒。主治:补肝明目、大风癰疮、脾胃虚弱,体倦乏力。黄精药用作用始载于《名医别录》,其中药用记载:味甘,平,无毒,主治心腹结气、虚热、湿毒。黄精药用记载历史悠久,主治功能可概括为健脾胃、润肺、补气益中。有关古籍记载的药用作用详见表 2。

表 2 古籍药用记载

来源	主治
《本草从新》 ^[7]	平补气血而润。甘平。补中益气。安五脏。益脾胃。润心肺。填精髓。助筋骨。除风湿
《本草纲目》 ^[14]	黄精受戊己之泻气,故为补黄宫之胜品。土者万物之母,母得其养,则水火既济,木金交合,而诸邪自去,百病不生矣。补诸虚,止寒热,填精髓,下三浊
《本草蒙筌》 ^[15]	安五脏六腑,补五劳七伤。除风湿,壮元阳,健脾胃,润心肺
《新本草备要》 ^[16]	平补而润。平甘。补中益气,安五脏,益脾胃,润心肺,填精髓,助筋骨,除风湿,下三虫。以其得坤土之精粹,久服不饥。气满则不饥
《得配本草》 ^[17]	甘,平。入足太阴经。补中气,润心肺,安五脏,填精髓,助筋骨,下三虫
《本草害利》 ^[18]	甘平,入脾,补中益气,安五脏,润心肺,填精髓,助筋骨,除风湿,杀下三尸虫
《日华子本草》 ^[48]	补五劳七伤,助筋骨,止饥,耐寒暑,益脾胃,润心肺
《雷公炮制药性解》 ^[49]	黄精,味甘,性平,无毒,入脾、肺二经。补中益气,除风湿,安五脏,驻颜色,久服延年
《景岳全书》 ^[50]	一名救穷草。味甘微辛,性温。能补中益气,安五脏,疗五劳七伤,助筋骨,益脾胃,润心肺,填精髓,耐寒暑,下三虫,久服延年不饥,发白更黑,齿落更生
《本经逢原》 ^[51]	黄精为补黄宫之胜品,宽中益气,使五脏调和,肌肉充盛,骨髓坚强,皆是补阴之功
《本草分经》 ^[52]	甘,平。补气血而润,安五脏,益脾胃,润心肺,填精髓,助筋骨,除风湿
《名医别录》 ^[53]	味甘,平,无毒。主补中益气,除风湿,安五脏
《滇南本草》 ^[54]	主补中益气,除风湿,安五脏。久服轻身延年。治五劳七伤。助筋骨、耐寒暑、益脾胃、开心肺。能辟谷、补虚、添精,服之效矣

续表 2 古籍药用记载

来源	主治
《药鉴》 ^[55]	黄精除风湿,壮元阳,健脾胃,润心肺,旋服年久,方获奇功
《本草经疏》 ^[56]	甘气和性无毒。其色正黄,味厚气薄,土位乎中,脾治中焦,故补中。脾土为后天生气之源,故益气。中气强,脾胃实,则风湿之邪不能干,故除风湿
《本草乘雅半偈》 ^[57]	主补中益气,除风湿,安五脏。久服轻身,延年不饥
《本草求真》 ^[58]	黄精专入脾,兼入肺、肾。谓其气平味甘,治能补中益五脏、补脾胃、润心肺、填精髓、助筋骨、除风湿、下三虫
《本经疏证》 ^[59]	补中益气,除风湿耳;功在四支酸疼迟重
《本草便读》 ^[60]	黄精,甘可益脾。使五脏丰盈。精完神固。润能养血。从后天平补。辟谷充饥

3.2 现代药理研究

现代药理研究表明,黄精具有降血糖^[61]、降血脂、抗炎、抗氧化、抗病毒、增强免疫力等^[62-65]作用。黄精其化学成分的多源性决定了其药理作用的广泛性,在诸多重要疾病的治疗和预防上发挥着良好的作用。从炮制角度来讲,黄精炮制后可去除生品的刺激性,增强补益作用,炮制可改变成分含量,进而改变药性。

3.2.1 抗氧化 有学者^[66-67]从黄精中分离验证到 4 种多糖成分对二苯基苦基苯肼(1,1 - diphenyl - 2 - picryl - hydrazyl, DPPH)自由基有一定的清除能力,汪涛等^[68]对低共熔溶剂提取黄精多糖工艺优化研究中,得到黄精多糖的超氧阴离子和 DPPH 自由基清除能力以及总抗氧化能力随着其含量浓度的增加而增加。王艳等^[69]对碱提法和溶剂萃取法(Sevag 法)脱蛋白提取水溶性粗多糖,体外抗氧化活性研究表明,水溶性粗多糖具有一定抗氧化能力,且随浓度增大而增强。周东月等^[70]优化黄精多糖提取工艺并进行体外抗氧化研究,实验表明黄精多糖对 DPPH、超氧阴离子、羟基自由基均有较强的清除能力,且清除能力与多糖浓度呈正相关。宫江宁等^[71]对黄精多糖提取工艺及抗氧化活性研究,试验表明黄精多糖对自由基的清除率均呈现浓度依赖性。滇黄精多糖可保护四氯化碳所致肝损伤大鼠^[72],其作用机制可能为增强机体抗氧化能力,降低血清中谷丙转氨酶(glutamic pyruvic transaminase, ALT)、谷草转氨酶(glutamic oxaloacetic transaminase, AST)含量以及丙二醛(malondialdehyde, MAD)、肿瘤坏死因子-α(TNF-α)等炎症因子的含量。

3.2.2 抗肿瘤 张峰等^[73]对黄精多糖抑制肝癌(H₂₂)实体瘤研究中发现多糖剂量与抑制率呈现正相关。黄精多糖对骨肉瘤(S₁₈₀)腹水瘤^[74]的生长亦有抑制作用,延长小鼠存活时间。凝集素^[75]可通过半胱天冬酶等途径诱导肿瘤细胞凋亡,从而发挥抗肿瘤作用。有研究^[76]表明,400 mg/kg 的黄精多糖可增加对小鼠胃癌细胞(mouse Pre - gastric cancer cells, MFC)胃癌荷瘤小鼠模型的抑瘤率,降低小鼠脾脏 Toll 样受体 4 (toll - like - receptor - 4, TLR4)、髓样分化因子 88 (myeloid - differentiation - factor88, MyD88) MRA 等表达,其发挥抑瘤作用及免

疫调节作用的机制可能与 TLR4/ 核因子 Kb (nuclear factor kappa - B, NF - Kb)信号通路的激活受阻有关。此外,黄精多糖提取物能够保护骨髓中三阴性乳腺癌(triple negative breast cancer, TNBC)肿瘤抑制的造血,辅助骨髓造血和淋巴再生治疗 TNBC 具有持久的抗肿瘤作用^[77]。段华等^[78]在对 H₂₂ 移植瘤小鼠的抑瘤作用,探讨其作用机制可能是黄精多糖将肿瘤细胞抑制在有丝分裂的 G0/G1 期,抑制细胞增殖,并通过激活半胱氨酸蛋白酶(cysteiny l aspartate specific proteinase, Caspase)系统诱导肿瘤细胞凋亡。李超彦等^[79]发现黄精多糖联合顺铂用药对 H₂₂ 移植瘤小鼠的抑瘤率高于单独用顺铂,顺铂抑制肿瘤细胞 DNA、RNA 及细胞分裂从而导致肿瘤细胞凋亡,而黄精多糖成分及结构复杂,推测其增加抑瘤率可能与其增强机体免疫功能、提高抗氧化能力有关。

3.2.3 抗炎、抗菌、抗病毒 黄精多糖(polygonatum sibiricum polysaccharide, PSP)可减轻急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)模型大鼠的炎症反应^[80],通过降低血清中肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor, TNF-α)、白细胞介素-6(interleukin - 6, IL - 6)等炎症因子含量,从而来保护心肌细胞。PSP 也可对庆大霉素(GM)致急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)的大鼠具有保护作用^[81],其机制可能为 PSP 通过抑制 p38 MAPK/ATF2 信号通路和炎症因子 TNF-α、IL - 1β、IL - 6 的产生从而达到抗炎的作用。在对高糖(HG)刺激人视网膜色素上皮细胞(adult retinal pigment epithelial cell line - 19, ARPE - 19)细胞建立体外糖尿病视网膜病变模型实验中, HG 处理可显著降低 ARPE - 19 细胞的存活率^[82],而 PSP 处理提高了 ARPE - 19 细胞的存活率,推测其与降低活性氧(reactive oxygen species, ROS)和 MDA 含量有关, PSP 通过调控 Nrf2/HO - 1 信号通路,降低 HG 诱导的氧化应激和炎症反应,从而保护 ARPE - 19 细胞。曹冠华等^[83]在对黄精多糖抑菌效果比较研究中发现生黄精和制黄精对三种供试菌均有抑制作用,且制黄精多糖比较生黄精而言,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑制效果更好。李志涛等^[84]采用微波辅助提取黄精多糖,同样验证得到黄精多糖对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和藤黄球菌具有抑制作用,并确定大肠杆菌最低抑菌浓度为 2%。近观几年文献报道,关于黄精抗病毒的研究少之又少,有文献^[85]显示黄精多糖可对单纯疱疹病毒抑制作用,可增强其感染的非洲绿猴肾细胞(Verocell)活力并保护细胞。晏为力等^[86]对黄精多糖衍生物的抗病毒研究中指出,从黄精中提取得到两种小分子粗多糖(PD, PP; PD 提自多花黄精 Polygonatum crytonema Hua; PP 提自滇黄精 Polygonatum kingianum Coll. Et Hems),并经过离子交换和凝胶色谱的纯化产物(RPD, RPP)以及经吡啶 - 氯磺酸法制备的硫酸酯(PDS, PPS)进行抗病毒比较,结果显示 RPP 无抗病毒活性, PD、RPD 有一定的抗病毒活性,且 PDS、PPS 的抗病毒活性较 PD、RPD 更高。

3.2.4 降血糖、血脂 黄精多糖可降低由肾上腺素诱发导致的高血糖小鼠血液中血糖含量^[87],其降血糖机理可能与降低小鼠肝脏中环磷酸腺苷(cyclic adenosine monophosphate, cAMP)含量有关,此外黄精多糖也可提高胰岛素水平抑制胰岛细胞凋亡^[88],减轻肝细胞脂肪变性等途径保护肝脏,达到降血糖的目的。黄精多糖对于不同糖尿病模型糖代谢的机制有所

不同,对于链脲佐菌素(streptozocin,STZ)造模^[89-91]形成的糖尿病模型,黄精多糖能改善STZ诱导的糖尿病症状,显著降低血糖和血清糖化血红蛋白浓度,改善胰岛素抵抗、抑制胰岛细胞凋亡、下调Caspase-3表达,从而达到降血糖治疗糖尿病的作用。而对于四氧嘧啶(ALX)糖尿病小鼠模型^[92],黄精多糖可降低小鼠血糖水平,推测其作用机制可能与升高血清胰岛素含量、降低肝脏中一氧化氮(NO)及一氧化氮合酶(NOS)水平有关。对于特殊的2型糖尿病(diabetes mellitus type 2,T2DM)胰岛素^[93]抵抗,采用葡萄糖氧化酶法检测血糖,黄精水提液可增强T2DM胰岛素抵抗大鼠葡萄糖转运蛋白-4(glucose transporter-4, GLUT-4)基因表达,从而降低血糖。黄精同样可以降低血脂含量,何慧明等^[94]实验研究发现黄精可提高高血脂大鼠血清中高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)水平,而HDL-C是一种抗动脉粥样硬化的脂蛋白,可将胆固醇从肝外组织转运到肝脏进行代谢,由胆汁排出体外,故能降低动脉硬化指数。黄精多糖亦可抑制家兔主动脉血管细胞黏附分子的表达^[95],降低血清总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇含量,从而降低血脂。

3.2.5 保护心肌细胞 黄精多糖(PSP)可对急性心肌梗死(AMI)有一定的保护作用。安晏等^[96]通过研究推测认为PSP改善AMI模型大鼠的心肌损伤,其作用机制可能与其升高心肌组织超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD),降低丙二醛、活性氧簇含量,调控凋亡相关蛋白来保护受损心肌细胞。李丽等^[80]则介于AMI模型大鼠NF- κ B介导的炎症反应探讨PSP保护心肌细胞的作用机制,研究显示PSP可能调节NF- κ B介导的炎症反应,减轻炎症反应,修复心肌细胞。另有研究^[97-98]显示,一定剂量的PSP可以通过抗氧化应激、抑制心肌细胞凋亡来保护心力衰竭大鼠的心肌功能。而对于乳鼠心肌细胞缺氧/复氧(anoxia/reoxygenation, A/R)损伤,PSP预处理能够提高心肌细胞存活率、SOD活性,降低MDA含量,结果显示PSP对于心肌细胞的保护作用可能与其抗氧化作用有关。雷升萍等^[99]采用体外无菌培养H9c2心肌细胞模型,验证PSP对H9c2心肌细胞缺氧/复氧(hypoxia-reoxygenation, H/R)损伤的保护作用,结果显示一定量PSP可提高细胞存活率、降低细胞死亡率、抑制Caspase-3的表达,其作用机制为抑制心肌细胞凋亡,且后续的研究^[100]表明PSP作用机制可能为抑制TLR4-MyD88-NF- κ B信号通路。由此可见,PSP对于心肌细胞缺氧/复氧损伤的保护作用可能存在不同的作用机制。

3.2.6 抗疲劳 卢焕俊等^[101]通过对游泳力竭小鼠抗疲劳实验研究发现,黄精提取液能够清除代谢产生的自由基从而提高抗氧化能力,达到抗疲劳的效果。黄精炮制品与生品不同提取物疲劳作用也有所不同,研究^[102]发现多花黄精主要的抗疲劳成分为多糖类物质,且比较抗疲劳作用强度为生品强于炮制品中多糖,由此可见,炮制可影响黄精对于抗疲劳药理作用的强度。此外,黄精多糖能够调节骨钙素信号来抵抗疲劳,黄精多糖能够降低血清乳酸(blood lactic acid, LA)、SOD、MDA含量,增加肝糖原、肌糖原含量,组织形态学分析表明其增加肌纤维横截面积来达到抗疲劳的效果^[103]。毛雁等^[104]实验发现黄精提取物能够降低训练组大鼠血清ALT、AST、乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)等酶活性,增加血清中血糖(Glu)浓

度、血红蛋白(Hb)等生理指标的含量,表明黄精提取物能够延缓大鼠疲劳。显而易见,黄精多糖不仅能够通过抗氧化来对抗疲劳,亦可以通过抑制脂质过氧化^[105]损伤,调节脑组织内神经递质5-羟色胺、多巴胺含量从而达到延缓外周和中枢疲劳的作用。此外,对于黄精不同炮制品^[106]提取液对于抗疲劳均有一定的效果,且其作用效果生品黄精最好,炮制品次之,酒制品和九蒸九晒品最差。

3.2.7 免疫调节 白细胞介素-2(IL-2)、IL-6是体内重要的免疫调节因子,血清免疫球蛋白A(immunoglobulin A, IgA)、IgG、IgM是血清中主要的抗体成分,反映着免疫功能。研究^[107]显示黄精水提物可显著升高超负荷游泳致阴虚模型大鼠血清中IL-2、IL-6,显著升高IgA、IgG水平,以此来调节免疫改善阴虚发挥功效。从黄精中分离得到的黄精多糖(PSP)被证实具有免疫调节^[108]功能,可作为免疫调节剂的候选药物。对于环磷酸腺苷^[109-110]诱导小鼠免疫抑制模型,PSP能够增加免疫细胞的表达,促进IL-2、TNF- α 的分泌,缓解环磷酸腺苷所致小鼠免疫抑制,增强免疫功能。而从黄精中提取的黄精粗多糖也被实验研究^[111]证实对小鼠细胞免疫、体液免疫、单核-巨噬细胞免疫功能有一定的增强作用。卜红南研究^[112]优化黄精多糖的提取工艺以及对免疫活性研究,结果显示黄精多糖能够显著提高小鼠脾脏指数来提高免疫能力。可见黄精炮制前后多糖含量的变化可影响其免疫调节效果的强度,万晓莹等^[113]研究生黄精多糖和酒黄精多糖对小鼠细胞免疫功能的影响,两种多糖均能抑制TNF- α 分泌,通过抑制炎症反应增强免疫调节,且炮制后的酒黄精抑制作用更强。基于黄精多糖的分离提取鉴定,研究发现黄精多糖能够对RAW 264.7细胞的吞噬能力起到正向增强的作用,且存在剂量依赖性^[113]。单独纯化的黄精多糖可产生免疫调节作用,一些研究^[114-116]报道基于黄精开发的复方试剂也具有免疫调节作用,无论是针对正常小鼠或是免疫抑制小鼠模型,大多数发挥免疫调节的作用机制都与脏器指数的提升、吞噬细胞能力的加强有关。

3.2.8 其他 对黄精的药理研究从未停止,黄精多糖还具备对抗神经细胞^[117]的凋亡;对防治骨质疏松^[118]也有一定的效果;也可改善实验性干眼症^[119];黄精多糖还具备保护肾脏^[81]、肝脏^[120]的作用;对D-半乳糖所致衰老模型大鼠具有一定的保护^[121]作用以及改善小鼠学习能力^[122]和记忆^[123]水平;改善小鼠脑老化过程的认知功能以及对促进血管性痴呆模型^[124]大鼠学习和记忆能力的恢复。此外,黄精还具备一些其他小众研究的药理作用,就不再赘述。

4 结语与展望

黄精作为药食同源的中药之一,也常常作为研究的热门品种,其具有种植方便、分布广泛、食用安全等优点,且最早被记录^[125]在《名医别录》,就有关于药性的记载:味甘,平,无毒,主治心腹结气、虚热、湿毒。

由于生黄精具有强烈的咽喉刺激感,故从古至今黄精的炮制方法多种多样且具差异性。汇总有记录的古籍,以洗净的黄精九蒸九晒最为广泛,另辅黄酒、黑豆等蒸制亦有之。对比古籍和现代记录工艺,发现两者相似却也存在差异,现代工艺沿用古籍辅料蒸制方法,但也利用现代工艺对古籍未记载的蒸制

时间、温度等诸多因素考虑周全,以便优化出最佳炮制工艺,可以说是对古籍的推崇及优化。现代工艺也对蒸制是否需辅料区分优化以及扩展,比如清蒸、酒蒸;辅料如黑豆、姜黄、熟地、蜂蜜等蒸制,以有效成分为指标筛选是现代黄精炮制工艺的趋势,是对古籍记载无评价标准的炮制工艺的优化,更容易得到认可。

现代中药药理医学的进步,黄精的药效也逐渐发现,更多关于黄精有效成分也被验证,而炮制对黄精有效成分的变化,作为现代工艺炮制的指标,现有文献记录大多体现在黄精多糖和皂苷的变化,少有研究 5-HMF 及氨基酸炮制前后的变化,笔者认为这方面还需更深地研究,若以氨基酸等微量元素作为炮制指标则待后续研究。对比黄精古今药理作用汇总来看,古籍记载内容大多相似,体现在安五脏六腑、补中益气等,泛泛而谈却缺乏专一性。而现代研究对黄精药理的作用细分,具体到某一种疾病或者作用。而黄精的药理作用大多以黄精多糖和体现,而黄精其他主要成分如皂苷、黄酮等相关的药理研究却屈指可数。而炮制对黄精药理作用的改变则体现在有效成分的变化,而这方面的研究较少,有待进一步研究。

综上所述,目前炮制研究进展由于炮制工艺的差别,笔者认为针对所需有效成分含量增减而寻求不同的炮制工艺,以现代科技和数字化工艺为不同的需求对黄精炮制具体细分,避免泛泛而谈,为后续黄精炮制研究、黄精食品开发利用提供依据。对于黄精的药理作用也有大量的国内外文献报道,大多与黄精多糖密切相关,缺陷在于黄精炮制前后含量变化与药理作用的联系,因此有待后续研究,进一步更加充分全面地拓宽黄精主成分药理作用的广泛性,构建黄精现代炮制工艺标准,深化其炮制品在药理分子机制和临床作用层面上的研究,更好地应用于临床并促进黄精的进一步开发利用。

参考文献

[1] 杨瑞娟,王桥美,庄立,等. 滇黄精研究进展[J]. 农村实用技术, 2017(6): 50-52.

[2] 陈兴荣,王成军,李龙星,等. 滇黄精的化学成分及药理研究进展[J]. 时珍国医国药, 2002, 13(9): 560-561.

[3] 陈晔,孙晓生. 黄精的药理研究进展[J]. 中药新药与临床药理, 2010, 21(3): 328-330.

[4] 钟凌云,龚千锋,张的风,等. 黄精炮制研究现状分析[J]. 中药材, 2007, 30(12): 1618-1621.

[5] 雷敦. 雷公炮炙论[M]. 南京:江苏科学技术出版社, 1985.

[6] 王怀隐. 太平圣惠方[M]. 北京:人民卫生出版社, 1958.

[7] 吴仪洛. 本草从新[M]. 北京:人民卫生出版社, 1990.

[8] 孟诜,张鼎. 食疗本草[M]. 北京:人民卫生出版社, 1984.

[9] 李梴. 医学入门[M]. 北京:人民卫生出版社, 2005.

[10] 龚廷贤. 寿世保元[M]. 天津:天津科学技术出版社, 1999.

[11] 龚廷贤. 鲁府禁方[M]. 北京:中国中医药出版社, 1992.

[12] 南京中医药大学. 中药大辞典[M]. 2 版. 上海:上海科学技术出版社, 2006.

[13] 孙思邈. 千金翼方[M]. 影印本. 北京:人民卫生出版社, 1955.

[14] 李时珍. 本草纲目:校点本[M]. 北京:人民卫生出版社, 1982: 718.

[15] 陈嘉谟. 本草蒙筌[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2021.

[16] 陈邦贤. 新本草备要[M]. 上海:中医书局, 1955.

[17] 严洁,施雯,洪炜. 得配本草[M]. 北京:人民卫生出版社, 2007.

[18] 凌奂. 本草害利[M]. 北京:中医古籍出版社, 1982.

[19] 朱震亨. 丹溪心法[M]. 北京:人民卫生出版社, 2005.

[20] 田先娇,罗雪维,杨新周,等. 不同炮制方式对黄精有效成分含量的影响[J]. 化学试剂, 2021, 43(6): 790-794.

[21] 庞玉新,赵致,冼富荣. 黄精的炮制研究[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(6): 920-921.

[22] 喻雄华,张大舜. 不同方法炮制的黄精中多糖含量的比较[J]. 中国医院药学杂志, 2006, 26(10): 1306-1307.

[23] 金鹏程,吴丽华,吴昕怡,等. Box-Behnken 响应面法优化滇黄精产地加工炮制一体化工艺对黄精多糖的影响[J]. 中国现代中药, 2021, 23(4): 674-678, 690.

[24] 胡中盛,郑颖,何娥英,等. 黄精药材和黄精片在炮制工艺中的质量研究[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(8): 158-162.

[25] 易方,刘会. 黄精“产地加工-炮制一体化”的药材及饮片质量研究[J]. 湖南中医杂志, 2021, 37(6): 173-177.

[26] 彭修娟,党艳妮,许海燕,等. 正交试验-满意度函数法优化黄精的酒炙工艺及其抗氧化作用研究[J]. 华西药学杂志, 2021, 7(6): 673-677.

[27] 易思荣,全健,李品明,等. 黄精的炮制研究进展[J]. 中华中医药杂志, 2017, 32(10): 4575-4578.

[28] 戴万生,赵声兰,张鹏慧,等. 滇黄精 3 种炮制方法的比较研究[J]. 西部中医药, 2016, 29(8): 32-34.

[29] 戴万生,赵声兰,朱智芸,等. 不同辅料蒸制对滇黄精化学成分含量的影响[J]. 云南中医中药杂志, 2015, 36(7): 70-72.

[30] 康利平,张洁,余和水,等. 滇黄精化学成分的研究[C]//中国化学会. 第七届全国天然有机化学学术研讨会论文集, 2008.

[31] 李晓,来国防,王易芬,等. 滇黄精的化学成分研究(II)[J]. 中草药, 2008, 39(6): 825-828.

[32] 王易芬,穆天慧,陈纪军,等. 滇黄精化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(6): 524-527.

[33] YU H S, MA B P, KANG L P, et al. Saponins from the processed rhizomes of *Polygonatum kingianum*[J]. Chem Pharm Bull, 2009, 57(9): 1011-1014.

[34] WANG J, LU C S, LIU D Y, et al. Constituents from *Polygonatum sibiricum* and their inhibitions on the formation of advanced glycosylation end products[J]. J Asian Nat Prod Res, 2016, 18(7): 697-704.

[35] ZHANG J, MA B P, KANG L P, et al. Furostanol saponins from the fresh rhizomes of *Polygonatum kingianum*[J]. Chem Pharm Bull, 2006, 54(7): 931-935.

[36] 焦劼,陈黎明,孙瑞泽,等. 不同产地黄精主要化学成分比较及主成分分析[J]. 中药材, 2016, 39(3): 519-522.

[37] 曹冠华,张雪,顾雯,等. 不同产地滇黄精丛枝菌根真菌、深色有隔内生真菌定殖调查及与主要功效成分含量相关性分析[J]. 中草药, 2019, 50(16): 3930-3936.

[38] 衣小凤,郭晏华. 黄精总多糖含量分析[J]. 辽宁中医药大学学报, 2010, 12(9): 190-191.

[39] 甘小凤,韦国良,李婷婷,等. 基于 RSM 及 PMP-HPLC 特征图谱分析黄精炮制过程中多糖组分含量变化[J]. 中草药, 2019, 50(20): 4932-4941.

[40] 李蒙恩,马彦江,姚超,等. 基于九蒸九制黄精中 5-HMF 和多糖含量分析的黄精炮制品质量评价模型的建立[J]. 时珍国

医国药, 2021, 32(8): 1897-1900.

[41] 刘明研, 冯亚娟, 黄秋正, 等. 蒸制时间对滇黄精色泽、可溶性成分及糖含量的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 37-41, 47.

[42] 刘品华, 刘明研, 董建伟, 等. 蒸制温度、时间对滇黄精皂苷元及5-HMF含量的影响[J]. 食品工业, 2020, 6(12): 172-177.

[43] 王帅, 王丽丽, 房娟娟, 等. 滇黄精酒制过程中颜色与5种成分含量变化的相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(21): 156-162.

[44] 孙婷婷, 张红, 李晔, 等. 陕西产黄精不同炮制品中薯蓣皂苷元含量分析[J]. 中国药师, 2017, 20(1): 158-160.

[45] 王倩, 刘星, 许敏, 等. 黄精炮制过程中甾体皂苷的变化研究[J]. 云南中医中药杂志, 2017, 38(5): 72-75.

[46] 王进, 岳永德, 汤锋, 等. 气质联用法对黄精炮制前后挥发性成分的分析[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(16): 2187-2191.

[47] 吴毅, 姜军华, 许妍, 等. 黄精炮制前后氨基酸含量的柱前衍生化高效液相色谱法测定[J]. 时珍国医国药, 2015, 26(4): 884-886.

[48] 常敏毅. 日华子诸家本草[M]. 宁波: 宁波市卫生局, 1985.

[49] 李中梓. 雷公炮制药性解[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2000.

[50] 张介宾. 景岳全书[M]. 北京: 中医古籍出版社, 2021.

[51] 张璐. 本经逢原[M]. 北京: 中医古籍出版社, 2017.

[52] 姚澜. 本草分经[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2015.

[53] 黄钰. 名医别录[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2013.

[54] 兰茂. 滇南本草[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.

[55] 杜文燮. 药鉴[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2016.

[56] 缪希雍. 神农本草经疏[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2011.

[57] 卢之颐. 本草乘雅半偈[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2016.

[58] 黄宫绣. 本草求真[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1987: 14.

[59] 邹澍. 本经疏证[M]. 北京: 学苑出版社, 2009.

[60] 张秉成. 本草便读[M]. 北京: 学苑出版社, 2010.

[61] 高英, 叶小利, 李学刚, 等. 黄精多糖的提取及其对 α -葡萄糖苷酶抑制作用[J]. 中成药, 2010, 32(12): 2133-2137.

[62] KIM J O, LEE G D, KWON J H, et al. Anti-diabetic effects of new herbal formula in neonatally streptozotocin-induced diabetic rats[J]. Biol Pharm Bull, 2009, 32(3): 421-426.

[63] 李友元, 邓洪波, 向大雄, 等. 黄精多糖的降血脂及抗动脉粥样硬化作用[J]. 中国动脉硬化杂志, 2005, 13(4): 429-431.

[64] PARK U H, JEONG J C, JANG J S, et al. Negative regulation of adipogenesis by kaempferol, a component of Rhizoma Polygonati falcatum in 3T3-L1 cells[J]. Biol Pharm Bull, 2012, 35(9): 1525-1533.

[65] 郑春艳, 汪好芬, 张庭廷. 黄精多糖的抑菌和抗炎作用研究[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2010, 33(3): 272-275.

[66] ZHANG H, CAI X T, TIAN Q H, et al. Microwave-assisted degradation of polysaccharide from *Polygonatum sibiricum* and antioxidant activity[J]. J Food Sci, 2019, 84(4): 754-761.

[67] LI L, THAKUR K, LIAO B Y, et al. Antioxidant and antimicrobial potential of polysaccharides sequentially extracted from *Polygonatum cyrtoneura* Hua[J]. Int J Biol Macromol, 2018, 114: 317-323.

[68] 汪涛, 周新群, 孙君社, 等. 低共熔溶剂提取黄精多糖工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品科学技术学报, 2020, 38(6): 111-120.

[69] 王艳, 董鹏, 金晨钟, 等. 黄精多糖组成及其抗氧化活性分析[J]. 基因组学与应用生物学, 2019, 38(5): 2191-2199.

[70] 周东月, 关敏, 付博, 等. 黄精多糖提取工艺优化及体外抗氧化研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(13): 180-183.

[71] 官江宁, 云成悦, 吴婕, 等. 黄精多糖的提取优化及抗氧化活性研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2019, 37(3): 18-23.

[72] 丁杰英, 李嘉斌, 郑妮. 滇黄精多糖对四氯化碳所致肝损伤大鼠氧化因子、凋亡因子的影响[J]. 广西医科大学学报, 2020, 37(10): 1766-1771.

[73] 张峰, 高群, 孔令雷, 等. 黄精多糖抗肿瘤作用的实验研究[J]. 中国实用医药, 2007, 2(21): 95-96.

[74] 朱瑾波, 王慧贤, 焦炳忠, 等. 黄精调节免疫及防治肿瘤作用的实验研究[J]. 中国中医药科技, 1994(6): 31-33.

[75] YAU T, DAN X L, NG C C, et al. Lectins with potential for anti-cancer therapy[J]. Molecules, 2015, 20(3): 3791-3810.

[76] 吕品田, 段昕波. 黄精多糖对MFC胃癌荷瘤小鼠抑瘤及免疫调节作用[J]. 中成药, 2020, 42(8): 2169-2172.

[77] XIE Y, JIANG Z W, YANG R, et al. Polysaccharide-rich extract from *Polygonatum sibiricum* protects hematopoiesis in bone marrow suppressed by triple negative breast cancer[J]. Biomedicine Pharmacother, 2021, 137: 111338.

[78] 段华, 王保奇, 张跃文. 黄精多糖对肝癌H22移植瘤小鼠的抑瘤作用及机制研究[J]. 中药新药与临床药理, 2014, 25(1): 5-7.

[79] 李超彦, 周媛媛, 王福青. 黄精多糖联合低剂量顺铂对小鼠H22肝癌移植瘤生长的抑制及其抗氧化损伤作用[J]. 中国老年学杂志, 2016, 36(5): 1038-1040.

[80] 李丽, 龙子江, 黄静, 等. 黄精多糖对急性心肌梗死模型大鼠NF- κ B介导的炎症反应及心肌组织形态的影响[J]. 中草药, 2015, 46(18): 2750-2754.

[81] HAN C Y, SUN T T, LIU Y W, et al. Protective effect of *Polygonatum sibiricum* polysaccharides on gentamicin-induced acute kidney injury in rats via inhibiting p38 MAPK/ATF2 pathway[J]. Int J Biol Macromol, 2020, 151: 595-601.

[82] WANG W, LI S, SONG M. *Polygonatum sibiricum* polysaccharide inhibits high glucose-induced oxidative stress, inflammatory response, and apoptosis in RPE cells[J]. J Recept Signal Transduct Res, 2022, 42(2): 189-196.

[83] 曹冠华, 李泽东, 赵荣华, 等. 生黄精多糖与制黄精多糖抑菌效果比较研究[J]. 食品科技, 2017, 42(9): 202-206.

[84] 李志涛, 孙金旭, 朱会霞, 等. 黄精多糖的提取及其抑菌性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(15): 36-38.

[85] 辜红梅, 蒙义文, 蒲蕾. 黄精多糖的抗单纯疱疹病毒感染作用[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 21-23.

[86] 晏为力, 蒲蕾, 蒙义文. 两种黄精多糖衍生物的制备及其抗病毒活性比较研究[J]. 天然产物研究与开发, 2000, 12(5): 60-65.

[87] 王红玲, 张渝侯, 洪艳, 等. 黄精多糖对小鼠血糖水平的影响及机理初探[J]. 儿科药学, 2002(1): 14-15.

[88] 任群利, 刘建国, 胡欢, 等. 黄精多糖对糖尿病动物模型的保护机制研究进展[J]. 山西中医药大学学报, 2020, 21(6): 465-468.

[89] 王艺, 彭国庆, 江新泉, 等. 黄精多糖对糖尿病大鼠模型的保护机制研究[J]. 中医药导报, 2017, 23(2): 8-16.

[90] 李友元, 邓洪波, 张萍, 等. 黄精多糖对糖尿病模型小鼠糖代谢的影响[J]. 中国临床康复, 2005(27): 90-91.

[91] 公惠玲, 李卫平, 尹艳艳, 等. 黄精多糖对链脲菌素糖尿病大鼠降血糖作用及其机制探讨[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(9): 1149-1154.

[92] 徐茂红, 李卫平, 公惠玲. 黄精多糖对四氧嘧啶糖尿病模型小鼠糖脂代谢的影响[J]. 安徽医药, 2009, 13(3): 263-265.

[93] 董琦, 董凯, 张春军. 黄精对2型糖尿病胰岛抵抗大鼠葡萄糖转运蛋白-4基因表达的影响[J]. 新乡医学院学报, 2012, 29(7): 493-495.

[94] 何慧明, 刘宇. 黄精降脂方降血脂及抗动脉粥样硬化的实验研究[J]. 辽宁中医杂志, 2005, 32(2): 168-169.

[95] 李友元, 张萍, 邓洪波, 等. 动脉粥样硬化家兔VCAM-1表达及黄精多糖对其表达的影响[J]. 医学临床研究, 2005, 22(9): 1287-1288.

[96] 安晏, 李雨松, 颜晓静. 黄精多糖对急性心肌梗死模型大鼠心肌损伤的改善作用[J]. 中国药房, 2021, 32(13): 1572-1577.

[97] ZHU X Y, WU W, CHEN X Y, et al. Protective effects of *Polygonatum sibiricum* polysaccharide on acute heart failure in rats 1[J]. Acta Cir Bras, 2018, 33(10): 868-878.

[98] 朱烨丰, 刘季春, 何明. 黄精多糖预处理对乳鼠心肌细胞缺氧/复氧损伤的保护作用[J]. 南昌大学学报(医学版), 2010, 50(3): 29-32.

[99] 雷升萍, 龙子江, 施慧, 等. 黄精多糖对缺氧复氧诱导H9c2心肌细胞损伤的保护作用[J]. 中药药理与临床, 2017, 33(1): 102-106.

[100] 雷升萍, 王靓, 龙子江, 等. 黄精多糖通过TLR4-MyD88-NF- κ B通路抑制缺氧/复氧H9c2心肌细胞炎性因子释放[J]. 中国药理学通报, 2017, 33(2): 255-259, 260.

[101] 卢焕俊, 刘思源, 李香兰. 黄精提取液对正常小鼠抗疲劳能力的影响及机制探讨[J]. 山东医药, 2014, 54(27): 39-41.

[102] 杜小琴, 梁正杰, 夏炎, 等. 多花黄精炮制品与生品不同提取物抗运动疲劳作用的比较[J]. 安徽农业大学学报, 2021, 48(1): 26-30.

[103] SHEN W D, LI X Y, DENG Y Y, et al. *Polygonatum cyrtoneuma* Hua polysaccharide exhibits anti-fatigue activity via regulating osteocalcin signaling [J]. Int J Biol Macromol, 2021, 175: 235-241.

[104] 毛雁, 马兰军, 熊正英. 黄精对力竭训练大鼠血清酶活性及某些生化指标的影响[J]. 第四军医大学学报, 2007(20): 1842-1844.

[105] 李明. 黄精多糖对运动疲劳大鼠抗氧化及神经递质的影响[J]. 食品科技, 2014, 39(9): 227-230.

[106] 杨华杰, 龚千锋, 于欢, 等. 黄精不同炮制品抗疲劳及抗氧化作用比较研究[J]. 江西中医药, 2018, 49(2): 64-67.

[107] 吴柳花, 吕志源, 李波, 等. 黄精对长期超负荷游泳致阴虚内热模型大鼠的作用研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(10): 1886-1891.

[108] WANG Y J, LIU N, XUE X, et al. Purification, structural characterization and *in vivo* immunoregulatory activity of a novel polysaccharide from *Polygonatum sibiricum* [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 160: 688-694.

[109] CHEN Z B, LIU J J, KONG X, et al. Characterization and immunological activities of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* [J]. Biol Pharm Bull, 2020, 43(6): 959-967.

[110] 邓旭坤, 段欢, 刘钊, 等. 黄精多糖对环磷酰胺诱导小鼠免疫抑制的影响[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2018, 37(2): 49-53.

[111] 石娟, 邓兴安, 周玲, 等. 黄精粗多糖对正常小鼠免疫功能的影响[J]. 中国现代应用药学, 2011, 28(1): 18-21.

[112] 卜红南. 黄精多糖的提取及其免疫活性研究[J]. 实用医药杂志, 2017, 34(1): 48-51, 56.

[113] 万晓莹, 刘振丽, 宋志前, 等. 黄精炮制前后多糖的相对分子质量分布和免疫活性比较[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(15): 83-90.

[114] 余亚英. 黄精多糖的分离、鉴定及免疫调节功效研究[J]. 光明中医, 2019, 34(19): 2944-2945.

[115] 陈丹, 罗丹, 白曦晨, 等. 富硒青钱柳-黄精复方茶饮对小鼠的免疫调节作用[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(9): 3621-3626.

[116] 沈鸿, 汪芳, 孙建辉, 等. 人参黄精汤和西洋参地黄汤对肾虚模型动物的补肾壮阳作用和免疫调节功效[J]. 世界中医药, 2021, 16(15): 2306-2309, 2315.

[117] 文珠, 肖移生, 唐宁, 等. 黄精多糖对神经细胞的毒性及抗缺氧性坏死和凋亡作用研究[J]. 中药药理与临床, 2006, 22(2): 29-31.

[118] 张磊, 曾高峰, 宗少晖, 等. 黄精多糖防治绝经后骨质疏松症的分子机制[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(4): 493-498.

[119] 孙化萍, 于晓林, 罗旭升, 等. 黄精多糖滴眼液对实验性干眼症结膜的影响[J]. 中国中医眼科杂志, 2005, 15(2): 80-82.

[120] WANG G J, FU Y W, LI J J, et al. Aqueous extract of *Polygonatum sibiricum* ameliorates ethanol-induced mice liver injury via regulation of the Nrf2/ARE pathway [J]. J Food Biochem, 2021, 45(1): e13537.

[121] ZHENG S Y. Protective effect of *Polygonatum sibiricum* Polysaccharide on D-galactose-induced aging rats model [J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 2246.

[122] 刘露露, 李洪宇, 苑广信. 黄精多糖对D-半乳糖诱导衰老小鼠学习和记忆水平的影响[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2021, 22(2): 192-197.

[123] 王威, 刘文博, 唐伟, 等. 黄精多糖对慢性脑缺血大鼠学习记忆及脑组织PS-1蛋白表达的影响[J]. 中国中医急症, 2016, 25(3): 408-410.

[124] 陆连第, 段伟松, 赵玉, 等. 黄精多糖对血管性痴呆模型大鼠干预作用的实验研究[J]. 中药材, 2018, 41(9): 2212-2215.

[125] 王雨婷, 刘婉滢, 沈舶宁, 等. 黄精的本草考证[J]. 中医药学报, 2019, 47(3): 81-86.